Note de recherche forestière n° 129

Existe-t-il une interaction entre le type de plants et le scarifiage? Le cas des PMD et des PFD d'épinettes

Nelson THIFFAULT, ing. f., *Ph. D.* et Robert JOBIDON, ing. f., *Ph. D.*

F.D.C. 232.2(047.3)(714)
L.C. SD 356

Résumé

En 1996, nous avons entrepris une série d'expériences dans la région du Témiscouata (domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est) afin d'étudier les interactions entre les pratiques en pépinière et la sylviculture lors de l'établissement des plantations. Nous avons établi la station expérimentale Leclerc en 1996 suivant un scénario de reboisement hâtif ayant pour objectif spécifique la documentation de l'impact du scarifiage et du type de plants sur la croissance des épinettes noire (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) et blanche (*P. glauca* [Moench] Voss). Un traitement de scarifiage (présence, absence) a été appliqué en parcelle principale et un traitement de type de plants (plants de moyennes dimensions [PMD] produits en récipients 25–200, plants de fortes dimensions [PFD] produits en récipients 25–350A, plants de fortes dimensions produits à racines nues) a été appliqué en sous parcelle dans un dispositif à parcelles partagées à neuf blocs complets aléatoires. Nous avons effectué le suivi de la dimension et de la survie des plants pendant les cinq premières saisons de croissance. Nous avons également mesuré la biomasse totale après trois saisons et la concentration foliaire en éléments nutritifs au cours des trois premières années. Le scarifiage n'influence pas la survie et la croissance des deux espèces d'une manière significative. Ce traitement réduit toutefois de façon significative la concentration foliaire en N à la première saison pour l'épinette blanche et aux deux premières saisons pour l'épinette noire. De manière générale, les plants 25-350A atteignent les dimensions les plus importantes, suivis des plants de fortes dimensions à racines nues et des plants 25–200. Les plants en récipients présentent des concentrations foliaires significativement supérieures à celles des plants à racines nues. Pour les deux espèces, les plants à racines nues présentent un taux de mortalité élevé (20 %) alors qu'il est inférieur à 10 % pour les plants en récipients. Nous ne décelons aucune interaction significative entre le type de plants et le traitement de scarifiage pour l'ensemble des variables mesurées.

Mots clés : type de plants, PMD, PFD, plantation, sapinière à bouleau jaune, scarifiage, croissance, nutrition.

Abstract

*In 1996 we undertook a series of experiments in the Témiscouata region (balsam fir/yellow birch bioclimatic domain) to study interactions between nursery and silviculture practices during the plantation establishment phase. We established the Leclerc experimental station in 1996, using an early reforestation scenario with the specific objective of documenting the effect of scarification and stock type on the early growth of black spruce (*Picea mariana *[Mill.] B.S.P.) and white spruce (*P. glauca *[Moench] Voss). A scarification treatment (presence/ absence) was applied to the main plot and a stock type treatment (medium dimension seedlings produced in 25-200 containers/tall planting stock produced in 25-350A containers/ tall bareroot stock) was applied in sub-plots in a split-plot experimental design containing nine randomized blocks. We monitored the size and survival of seedlings for the first five growing seasons. We also measured total biomass after three seasons and the foliar nutrient concentration for the first three years. Scarification did not significantly influence survival and growth of the two species. However, it significantly reduced the foliar concentration of N in the first season for white spruce and in the first two growing seasons for black spruce. In general, the 25-350A plants attained the largest dimensions, followed by tall bareroot stock and the 25-200 container stock. Containerized seedlings had significantly higher foliar nutrient concentrations than did bareroot seedlings. For both species, bareroot seedlings had a high mortality level (20%), whereas it was less than 10% for containerized stock. We were unable to detect any significant interaction between stock type and the scarification treatment for the variables measured.*

Key words : stock type, medium dimension seedling, tall planting stock, plantation, balsam fir/yellow birch bioclimatic domain, scarification, growth, nutrition.

Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs
Direction de la recherche forestière
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec) G1P 3W8
Téléphone : (418) 643-7994
Télécopieur : (418) 643-2165
Courriel : recherche.forestiere@mrnfp.gouv.qc.ca
Site internet : www.mrnfp.gouv.qc.ca

Québec

Introduction

Au Québec, le reboisement est pratiqué sur environ 80 000 ha par année (PARENT 2003) afin de suppléer à la régénération naturelle. Dans une plantation forestière, la végétation concurrente peut perturber la croissance des plants, leur survie et la structure du peuplement (WALSTAD et KUCH 1987, JOBIDON 2000). Depuis 2001, l'emploi de phytocides est interdit dans les forêts du domaine public au Québec. Une alternative, basée sur le reboisement hâtif de plants de fortes dimensions (PFD) associé au dégagement mécanique, a été proposée comme stratégie de rechange (MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC 1994). La recherche conduite au Québec et ailleurs a permis d'identifier certaines conditions de succès de cette stratégie de gestion intégrée de la végétation accompagnatrice en plantations forestières (ROY *et al.* 2003, SOUTH et RAKESTRAW 2004). Par exemple, les travaux de JOBIDON *et al.* (1998) ont établi qu'au-delà d'une certaine taille, l'utilisation des plants de plus fortes dimensions ne représentait plus un avantage significatif. Aussi, ces travaux soulignent l'effet multiplicateur de l'usage conjugué des PFD et du dégagement mécanique en ce qui a trait à la taille atteinte à la fin de huit saisons de croissance (JOBIDON *et al.* 2003). À la lumière des connaissances acquises et de l'objectif poursuivi d'optimisation de la sylviculture des plantations, certains paramètres de cette stratégie doivent être précisés (ROY *et al.* 2003).

Le type de plants (produit en récipients ou à racines nues) peut influencer le succès d'établissement et la croissance d'une plantation (MCDONALD 1991). Les attributs morphologiques des plants produits à racines nues et en récipients, tant dans leurs parties aérienne que racinaire, influencent leur physiologie, leur potentiel de croissance et leur potentiel compétitif (GROSSNICKLE 2000). Dans la majorité des études comparatives entre des plants produits en récipients et à racines nues, les différences morphologiques d'origine des types de plants sont importantes (voir la bibliographie annotée de MENES *et al.* 1996). Or, au Québec, les plants de fortes dimensions produits en récipients ont des gabarits se rapprochant davantage de ceux des plants à racines nues. Nous avons démontré qu'après trois saisons de croissance, les PFD d'épinettes noire (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.), blanche (*P. glauca* [Moench] Voss) et de Norvège (*P. abies* [L.] Karst.) produits en récipients de 25 cavités ajourées de 350 cm^3 chacune (25–350A) atteignent les mêmes dimensions que les PFD produits à racines nues (PFD RN) (THIFFAULT 2003, THIFFAULT *et al.* 2003a). Nos résultats indiquent également que les PFD produits à racines nues subissent un choc de transplantation moins important que le PFD 25–350A. Par contre, les relations hydriques des deux types de plants s'équivalent au cours des seconde et troisième saisons de croissance suivant la plantation. Nos premiers travaux confirment également que les PFD 25–350A et à racines nues ont des potentiels compétitifs équivalents au cours des trois premières saisons de croissance (THIFFAULT 2003, THIFFAULT *et al.* 2003a). Nous ignorons toutefois si leurs profils de croissance demeurent parallèles au-delà de la phase d'établissement proprement dite. De plus, aucune expérience n'a encore comparé la performance au champ des PFD (récipients ou racines nues) et celle des plants de moyennes dimensions (PMD) produits dans des récipients de 25 cavités de 200 cm^3 chacune. Le PMD est utilisé depuis peu d'années au Québec. Sa production, qui s'élève à environ sept millions de plants par an (C.-G. Langlois, comm. pers.), vise de manière spécifique les stations qui présentent un niveau moyen de compétition.

Le scarifiage du sol est utilisé pour gérer les débris de coupe et ainsi faciliter l'accès aux sites, tout en créant un environnement favorable à l'établissement des plants (PRÉVOST 1992). Au Québec, des travaux ont démontré l'efficacité du scarifiage pour améliorer la croissance des plants mis en terre sur des stations de la pessière boréale, caractérisées par des humus épais et une végétation accompagnatrice dominée par les éricacées (PRÉVOST et DUMAIS 2003, THIFFAULT *et al.* 2004, THIFFAULT *et al.* 2005). Cependant, dans la zone de la forêt mixte, où les stations sont riches et les humus minces, le scarifiage conjugué à la mise en andains n'influence pas l'établissement des plants, tant en regard des dimensions atteintes après trois saisons de croissance que du choc de transplantation (THIFFAULT *et al.* 2003a). De plus, dans cette même région, le scarifiage réduit la disponibilité des éléments nutritifs du sol pendant les premières années suivant la récolte forestière (THIFFAULT *et al.* 2003a). Nous ignorons toutefois si l'impact du scarifiage sur le statut nutritif du sol, observé à court terme, diminue la productivité de ces plantations à moyen et long terme.

Notre objectif est d'évaluer l'effet du scarifiage (consécutif à la mise en andains) et du type de plants sur l'acclimatation et la croissance d'une plantation d'épinettes noire et blanche dans la sapinière à bouleau jaune. À la lumière des résultats obtenus à court terme dans des expériences concomitantes (THIFFAULT *et al.*

2003a), nous vérifions l'hypothèse selon laquelle le scarifiage n'influence pas les dimensions des plants pendant les cinq premières saisons de croissance. Notre seconde hypothèse stipule que les PFD produits en récipients présentent une croissance supérieure à celle des PFD à racines nues et que globalement, les PFD sont plus performants que les PMD eu égard aux dimensions atteintes après cinq saisons de croissance.

Matériels et méthodes

Description du site

Nous avons établi une plantation expérimentale (nommée Leclerc, 68° 38' 20" de longitude ouest et 47° 52' 10" de latitude nord) dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est (*Abies balsamea* [L.] Mill. — *Betula alleghaniensis* Britt.) (SAUCIER *et al.* 1998), près du village de Biencourt. Le climat est subhumide continental avec des précipitations annuelles variant de 1 000 à 1 100 mm et une température annuelle moyenne de 2,5 °C (ROBITAILLE et SAUCIER 1998). Avant la coupe avec protection de la régénération et des sols de l'été 1996, le peuplement se composait en majorité de sapin baumier, d'épinette blanche et de bouleau jaune. Le dépôt est un till indifférencié mince à texture loameuse dans les premiers 15 cm (37 % sable, 40 % limon, 23 % argile). Le sol, de drainage faible à moyen, est un podzol humoferrique orthique (SOIL CLASSIFICATION WORKING GROUP 1998) pourvu d'un humus mor de 5 à 15 cm d'épaisseur, selon la microtopographie. Une mise en andains a été effectuée sur l'ensemble de la superficie (environ 1 ha) au cours de l'automne 1996. La mise en andains visait la gestion des débris de coupe tout en minimisant la perturbation de l'humus forestier de la station, dépourvue de végétation accompagnatrice lors de ce traitement. Après trois saisons de croissance, les principales espèces accompagnatrices étaient le framboisier (*Rubus idaeus* L.), l'épilobe (*Epilobium angustifolium* L.), le bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marsh.) et l'érable à épis (*Acer spicatum* Lam.). Malgré qu'aucune mesure de la lumière disponible aux plants n'ait été effectuée sur cette station, nos observations ainsi que celles des intervenants régionaux, indiquent qu'il s'agit d'une station pourvue d'un potentiel de compétition moyen pour la région.

Dispositif expérimental

Nous avons établi un dispositif expérimental à parcelles partagées en blocs complets aléatoires (STEEL *et al.* 1997). Le scarifiage constitue les parcelles principales et le type de plants forme les sous-parcelles. La station a été scarifiée en septembre 1996, après la mise en andains. Chacun des neuf blocs expérimentaux (répétitions) a été subdivisé en deux parcelles principales de 16 m sur 30 m (zone tampon de 2 m entre les deux parcelles principales). Chacune des parcelles principales s'est vue attribuer au hasard l'un des traitements de scarifiage qui suivent : i) aucun scarifiage suivant la mise en andains et *ii*) scarifiage au moyen d'un scarificateur à disques passifs de type TTS, subséquent à la mise en andains.

Nous avons obtenu les plants en récipients 25–350A (2+0), 25–200 (2+0) et à racines nues (2+2) d'épinettes noire et blanche de la pépinière gouvernementale de Saint-Modeste. Au moment de la mise en terre des plants (voir ci-dessous), nous avons conservé un sous-échantillon ($45 \leq n \leq 60$, selon l'espèce et le type de plants) pour déterminer leur biomasse aérienne sèche initiale (séchage à 65 °C pendant 48 heures). Le tableau 1 fournit des informations sur les dimensions initiales des plants utilisés dans l'étude.

Tableau 1. Caractéristiques morphologiques des plants au moment de leur mise en terre en juin 1997

	Hauteur (cm)[1]	Diamètre (mm)[1]	Biomasse aérienne (g)[2]
Épinette noire			
25–200	27,4 (3,2)	3,6 (0,5)	1,9 (0,5)
25–350A	36,3 (4,6)	5,1 (0,8)	2,5 (0,6)
PFD RN	36,7 (5,0)	7,0 (1,4)	6,4 (2,4)
Épinette blanche			
25–200	24,9 (3,1)	4,8 (1,0)	1,2 (0,2)
25–350A	27,9 (4,4)	6,5 (1,2)	2,8 (0,8)
PFD RN	35,3 (5,2)	8,4 (1,5)	8,1 (2,6)

Note : Les valeurs de l'écart-type sont affichées entre parenthèses.
[1] n = 180
[2] n varie de 45 à 60, selon l'espèce et le type de plants.

La mise en terre des plants s'est effectuée en juin 1997, selon un scénario de reboisement hâtif (le printemps suivant la coupe). Dans chaque parcelle principale, nous avons mis en terre quatre rangées de plants d'une longueur de 30 m chacune. L'espacement était de 1 m entre les plants et de 2 m entre les rangées. Les deux premières rangées de chaque parcelle principale étaient constituées d'épinette blanche et les deux suivantes, d'épinette noire (aucune répartition aléatoire des espèces). Dans une rangée donnée, nous avons mis en terre dix plants de chacun des trois types (25–350A, 25–200 et PFD RN). Les types de plants ont été répartis de manière aléatoire, et regroupés selon le type, dans chaque rangée. La mise en terre a été faite de façon à limiter le plus possible l'effet des opérations de manutention, d'entretien et de plantation proprement dite. Dans les parcelles scarifiées, les plants ont été mis en terre à la mi-pente du sillon, le plus près possible de l'humus perturbé. Nous avons numéroté un arbre sur deux (à tous les 2 m le long d'une rangée donnée) afin d'assurer le suivi de leur croissance et éviter l'amputation de leur cime. Pour leur part, les plants intercalaires (non numérotés) ont servi à la cueillette de mesures destructives (le statut nutritionnel ou la biomasse aérienne). Au terme de l'étude, la plantation résultante avait une densité de 2 500 plants ha^{-1} et un espacement de 2 m sur 2 m.

Mesures effectuées

Dans la semaine qui a suivi la mise en terre, puis en octobre des cinq premières saisons de croissance (1997 à 2001), nous avons mesuré le diamètre au niveau du sol, la hauteur des plants ainsi que la survie de ceux-ci.

À l'automne de la troisième saison de croissance (1999), nous avons récolté un plant de chaque combinaison de scarifiage × espèce × type de plants de manière aléatoire dans chacun des blocs, pour évaluer sa biomasse aérienne (séchage à 65 °C pendant 48 heures). En octobre 1997, 1998 et 1999, nous avons récolté deux échantillons composites (aiguilles récoltées sur trois plants) d'aiguilles de l'année courante dans chaque combinaison de bloc × scarifiage × espèce × type de plants. Les échantillons (secs) ont été broyés (0,5 mm) puis soumis à une digestion Kjeldahl (H_2SO_4/H_2O_2/Se) (WALINGA *et al.* 1995). Nous avons mesuré le N Kjeldahl, le P, le K, le Ca et le Mg par spectrométrie d'émission atomique au plasma (ICAP-9000, Thermo Instruments, Franklin, MA).

À la quatrième saison de croissance (2000), nous avons exécuté un traitement de dégagement mécanique de plantation sur l'ensemble du dispositif. Le dégagement a été exécuté en août à l'aide de débroussailleuses.

Analyses statistiques

Nous avons effectué des analyses statistiques distinctes pour les deux espèces. Le plan d'analyse correspondait à un plan en blocs aléatoires à parcelles partagées. Nous avons procédé à des analyses de la variance (*anova*) pour évaluer l'effet des traitements de scarifiage et de type de plants sur la hauteur et le diamètre après chacune des cinq saisons de croissance, sur la biomasse totale après trois saisons, sur les concentrations foliaires en éléments nutritifs à l'automne des trois premières saisons de croissance, ainsi que sur la survie après cinq ans. En ce qui concerne les analyses portant sur les dimensions des plants et leur statut nutritif, nous avons utilisé la procédure *mixed* de SAS (version 8.02, SAS Institute, Cary, NC). Dans le cas d'un F de l'*anova* significatif, les moyennes ont été comparées à l'aide d'un test LSD protégé de Fisher. L'effet des traitements sur la survie (variable à caractère binomiale) a été analysé en utilisant la macro procédure Glimmix de SAS. Nous avons utilisé un test de Tukey pour comparer les moyennes en présence d'un F significatif. Un seuil $\alpha = 0,05$ a été utilisé pour décider s'il y avait ou non un effet significatif. Les hypothèses d'homogénéité et de normalité ont été vérifiées, et, au besoin, les variables ont été transformées.

Résultats

Survie et dimensions des plants

Le scarifiage n'influence pas la survie des deux espèces d'une manière significative ($p \geq 0,501$); nous observons un taux de mortalité variant de 4 à 7 % selon l'espèce après cinq saisons, peu importe que le sol ait été scarifié ou non. Les plants 25–350A et 25–200 ont des pourcentages de survie similaires ($p \geq 0,981$). Après cinq saisons, ils sont de 94 % pour l'épinette blanche et de 91 % pour l'épinette noire (Figure 1). La mortalité des PFD RN est significativement plus importante que celle des autres types de plants ($p \leq 0,009$). En effet, nous constatons que le pourcentage de survie des PFD RN d'épinette blanche est de 80 % après cinq ans; il est de 79 % pour les PFD RN d'épinette noire (Figure 1).

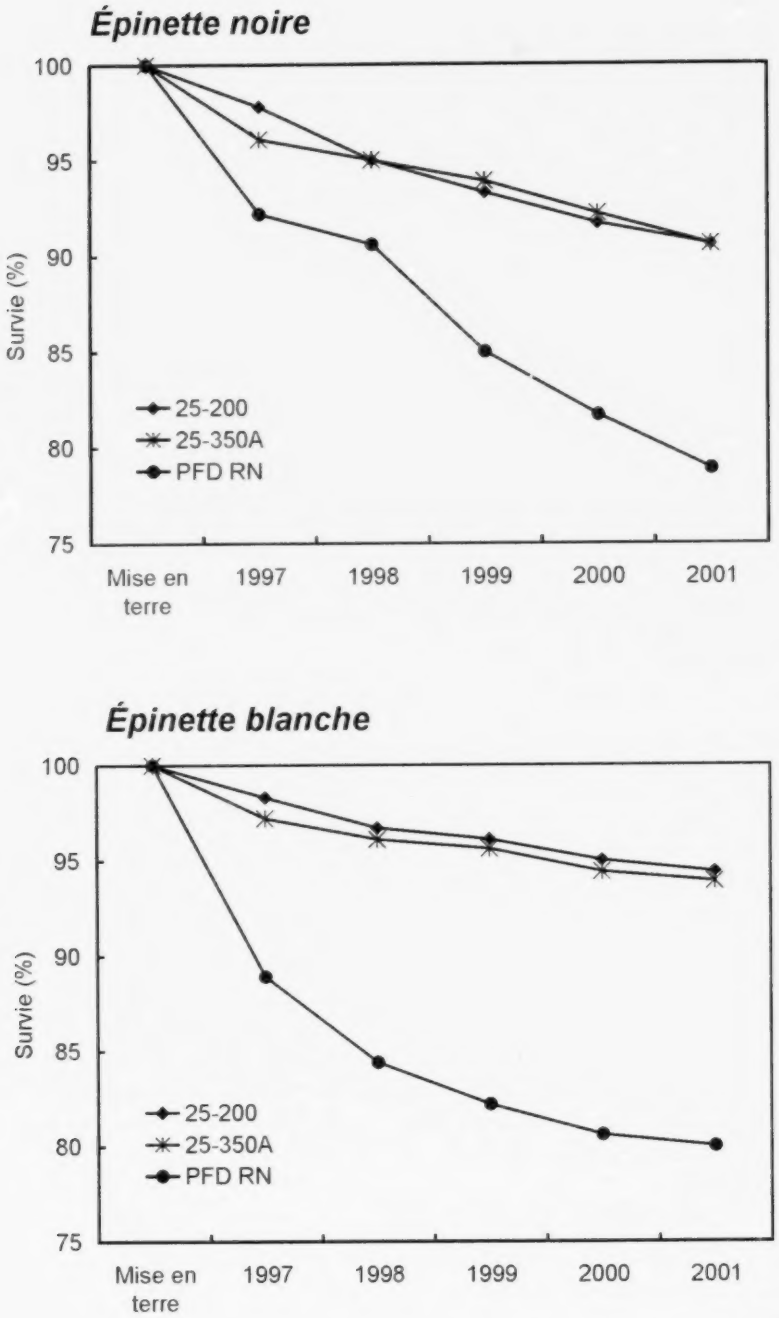

Figure 1. Évolution de la survie des plants d'épinette noire et d'épinette blanche, selon le type de plants.

Le scarifiage du sol n'influence pas de manière significative la hauteur et le diamètre atteints par les plants au terme de cinq saisons de croissance (Figures 2 et 3). Le type de plants a par contre un effet évident sur les dimensions des plants après cinq saisons. Pour l'épinette noire, les plants 25–350A atteignent, au fil des saisons de croissance, une hauteur et un diamètre supérieurs à ceux des deux autres types de plants. Les PFD RN arrivent second, avec des dimensions supérieures à celles des 25–200, qui sont les plus petits (Figures 2 et 3). L'avantage en hauteur du plant 25–350A se manifeste dès la première saison de croissance (Figure 2). Quant au diamètre, ce n'est qu'au terme de cinq saisons de croissance que la différence entre le plant 25–350A et le PFD RN devient significative (Figure 3). La hauteur des plants 25–350A de l'épinette blanche est supérieure à celle des plants 25–200 et des PFD RN dès la première saison de croissance. Cet écart se maintient jusqu'au terme de la cinquième saison, à la fin de laquelle le plant 25–350A est le plus grand, suivi des plants 25–200 et PFD RN qui ont des hauteurs similaires (Figure 2). Le diamètre du plant 25–350A devient le plus important après deux saisons de croissance et il conserve cet avantage (Figure 3). Nous n'observons aucune interaction significative entre le scarifiage et le type de plants par rapport aux dimensions des cinq premières saisons de croissance.

Biomasse aérienne

Le scarifiage n'a pas d'effet significatif sur la biomasse aérienne des plants après trois saisons de croissance (Figure 4). Par contre, le type de plants influence de façon significative la biomasse aérienne. Après trois saisons, les plants 25–200 demeurent ceux qui ont la biomasse la plus faible alors que les plants 25–350A présentent une biomasse aérienne équivalente à celle des PFD RN, tant pour l'épinette noire que pour l'épinette blanche (Figure 4).

Concentrations foliaires des éléments nutritifs

Le scarifiage réduit d'une manière significative la concentration foliaire de N à la première saison de croissance pour l'épinette blanche et aux deux premières saisons de croissance pour l'épinette noire (Tableau 2). Les PFD RN des deux espèces présentent des concentrations foliaires en N, P et K inférieures aux plants 25–200 et 25–350A au terme de la première saison (Tableau 2). Cette tendance disparaît durant les saisons suivantes, au cours desquelles nous observons globalement peu d'effets du type de plants sur les concentrations foliaires des éléments nutritifs (Tableau 2).

Discussion

Nous observons un effet significatif du type de plants sur plusieurs des variables à l'étude. L'impact du type de plants sur la survie (Figure 1) est à la fois le résultat le plus marquant et le plus étonnant. Tant pour l'épinette noire que pour l'épinette blanche, un nombre important de plants à racines nues meurent au cours des trois premières saisons de croissance. Après cinq saisons, la mortalité atteint 20 %. Nos travaux précédents, réalisés aux stations expérimentales Ruisseau Plourde et Lac Castor, font état d'un effet mineur du type de plants de fortes dimensions sur la survie des épinettes blanche, noire et de Norvège à la fin de trois saisons de croissance (THIFFAULT 2003, THIFFAULT *et al.* 2003a). Le taux de survie des plants 25–350A et des PFD RN après trois ans, de ces deux stations expérimentales, est au moins égal, sinon supérieur à 97 %. Nous avons établi ces stations de manière concomitante à celle de la présente étude, en appliquant un protocole identique de mise en terre; nous avons optimisé, dans la mesure du possible, chacune des étapes du transport des plants, de leur entretien sur le site de plantation et de la mise en terre. Notre objectif était de limiter les effets probables de ces opérations sur la survie et la croissance des plants. Par ailleurs, les plants utilisés dans cette étude proviennent des mêmes lots que ceux utilisés aux autres stations.

La différence marquée des taux de survie des PFD RN de l'étude actuelle par rapport à ceux de nos études antérieures (THIFFAULT 2003, THIFFAULT *et al.* 2003a), est fort probablement liée à des caractéristiques de station. Par exemple, le drainage de la station Leclerc est moins rapide qu'aux stations Ruisseau Plourde et Lac Castor; nous avons observé d'importantes accumulations d'eau dans certains blocs. Dans ces derniers, les microsites de plantation favorables étaient plus rares. En raison de la plus grande dimension du microsite que nécessite la mise en terre adéquate des PFD RN par rapport aux plants en récipients, les PFD RN peuvent avoir été perturbés davantage par les conditions d'anaérobie provoquées par l'accumulation d'eau que les plants 25–200 et 25–350A. MOHAMMED *et al.* (2001) soulignent par ailleurs que les caractéristiques de station sont susceptibles de nuire davantage aux plants à racines nues qu'aux plants en récipients. Il s'agit d'ailleurs d'une des raisons qui expliquent la popularité grandissante des plants en récipients non seulement au Québec, mais également à travers le monde (GROUPE DE TRAVAIL SUR LE REBOISEMENT DES PLANTS À RACINES NUES 2004). En raison de l'absence de mesure physiologique précise des plants sur cette station, le lien formel entre la mortalité des plants à racines nues et les conditions de leur microenvironnement reste difficile à établir.

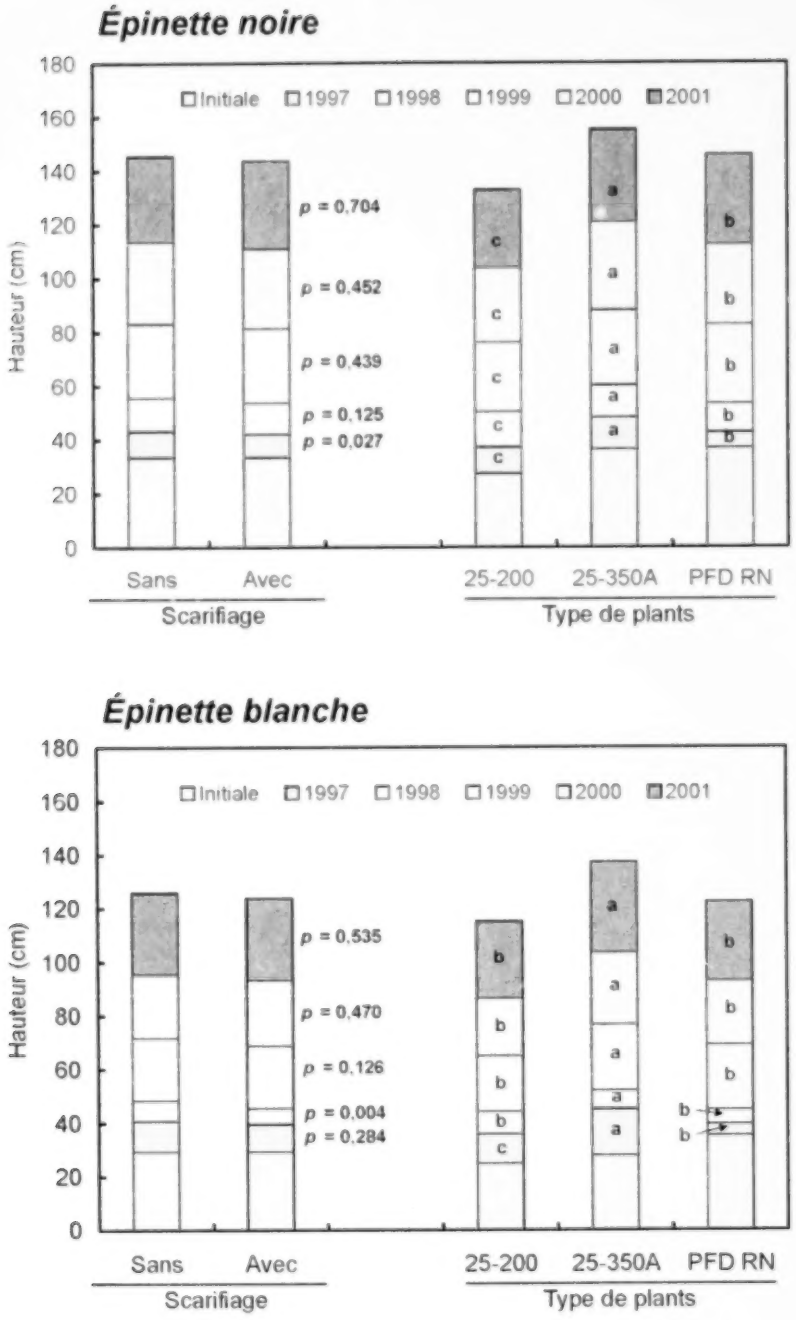

Figure 2. Évolution de la hauteur des plants d'épinette blanche et d'épinette noire, selon les traitements de scarifiage et de type de plants. Pour le traitement de scarifiage, une valeur $p > 0,05$ indique qu'il n'y a pas de différence significative de hauteur des plants au terme de l'année correspondante entre les parcelles scarifiées et non scarifiées. Pour le traitement de type de plants, des lettres identiques indiquent qu'il n'y a pas de différence significative de hauteur au terme de l'année correspondante entre les types de plants.

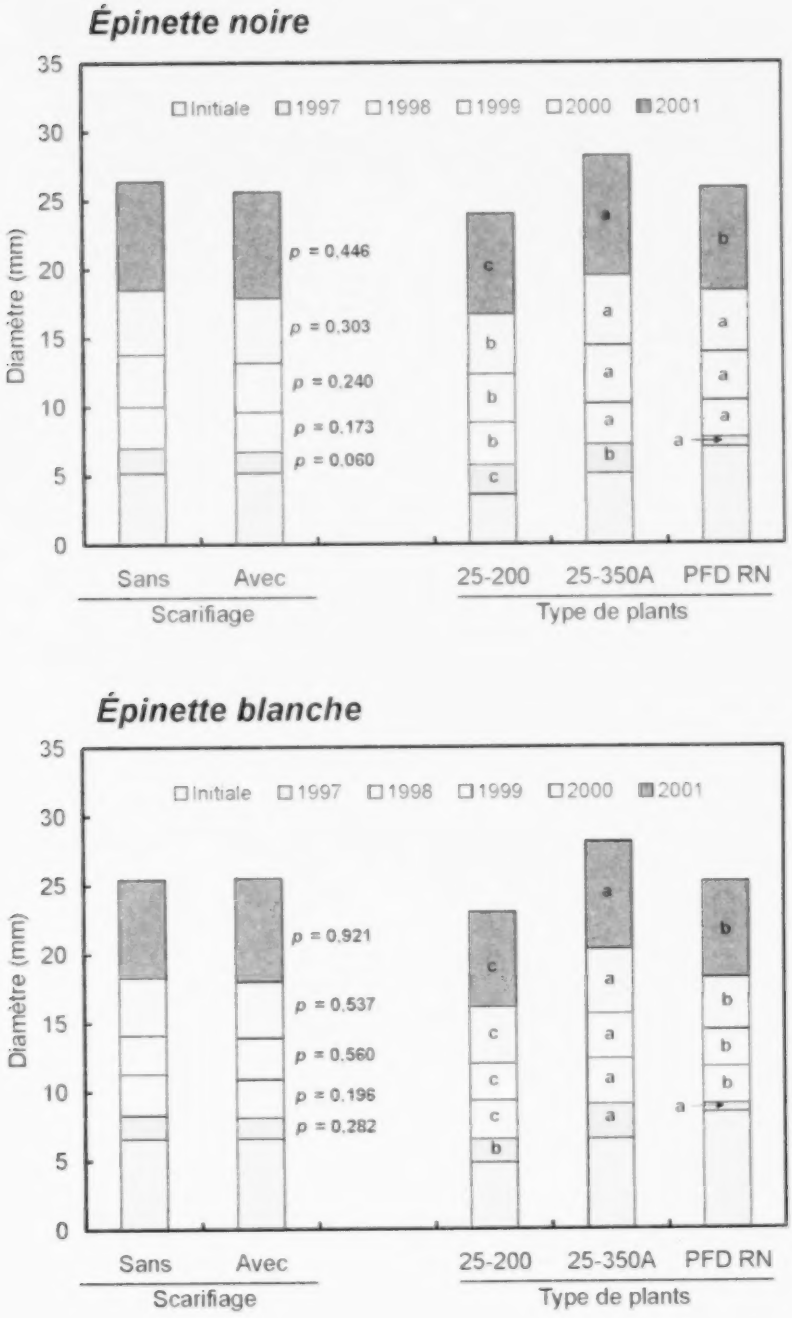

Figure 3. Évolution du diamètre des plants d'épinette blanche et d'épinette noire, selon les traitements de scarifiage et de type de plants. Pour le traitement de scarifiage, une valeur $p > 0,05$ indique qu'il n'y a pas de différence significative de diamètre des plants au terme de l'année correspondante entre les parcelles scarifiées et non scarifiées. Pour le traitement de type de plants, des lettres identiques indiquent qu'il n'y a pas de différence significative de diamètre au terme de l'année correspondante entre les types de plants.

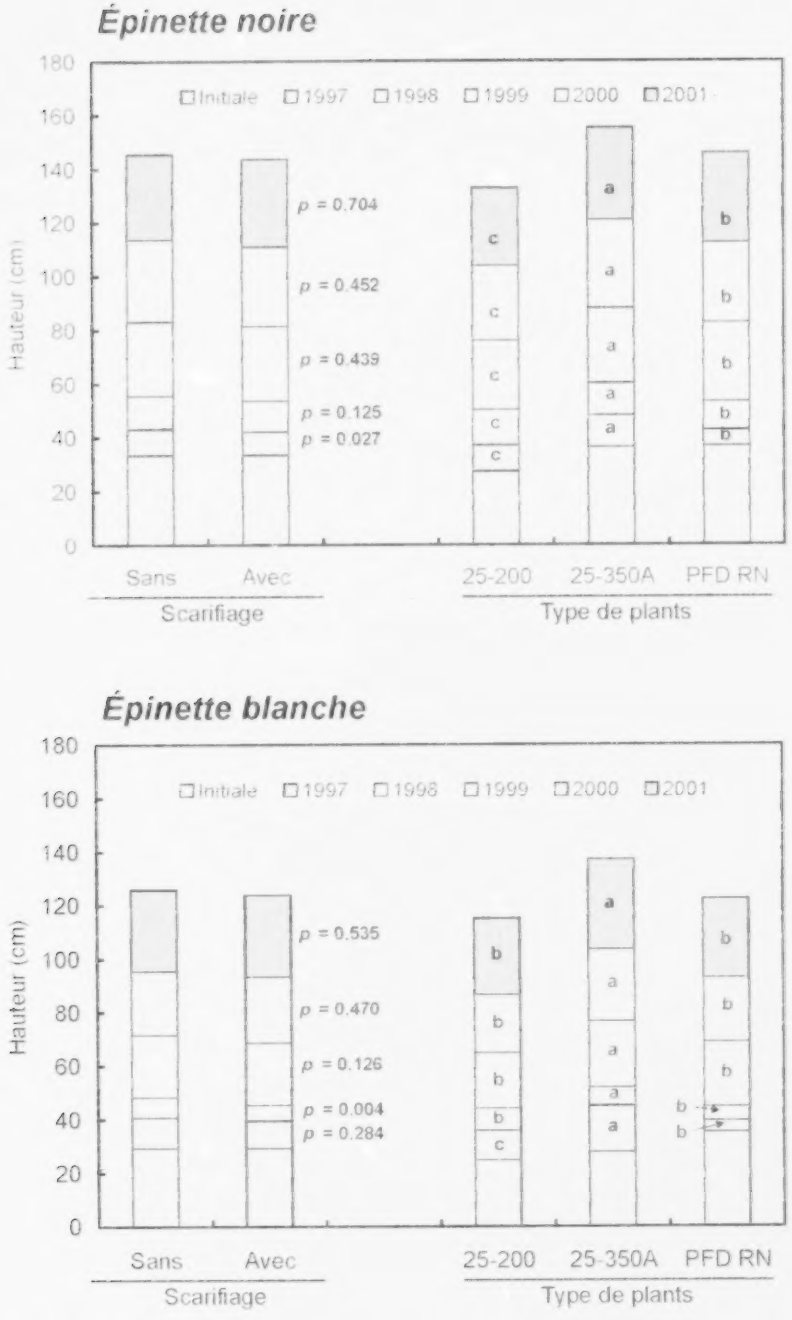

Figure 2. Évolution de la hauteur des plants d'épinette blanche et d'épinette noire, selon les traitements de scarifiage et de type de plants. Pour le traitement de scarifiage, une valeur $p > 0,05$ indique qu'il n'y a pas de différence significative de hauteur des plants au terme de l'année correspondante entre les parcelles scarifiées et non scarifiées. Pour le traitement de type de plants, des lettres identiques indiquent qu'il n'y a pas de différence significative de hauteur au terme de l'année correspondante entre les types de plants.

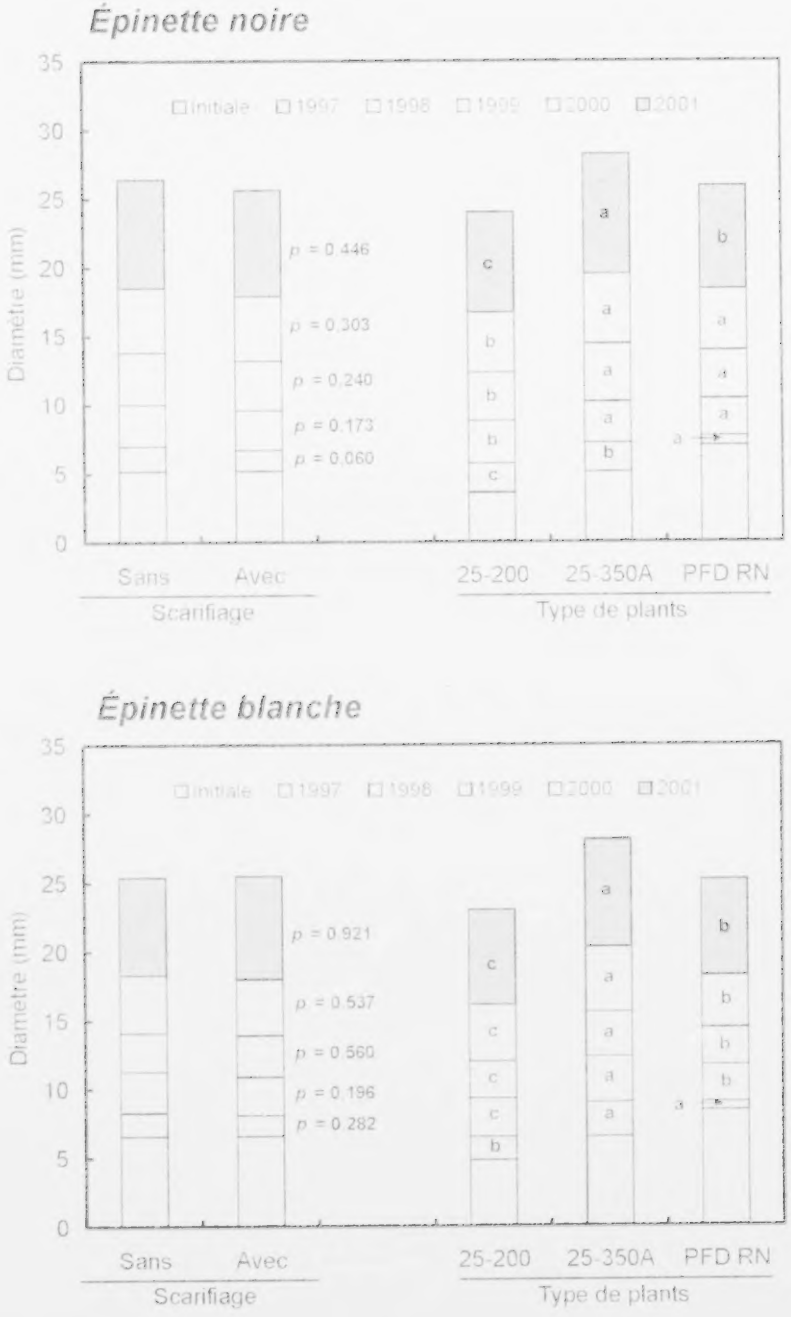

Figure 3. Évolution du diamètre des plants d'épinette blanche et d'épinette noire, selon les traitements de scarifiage et de type de plants. Pour le traitement de scarifiage, une valeur $p > 0,05$ indique qu'il n'y a pas de différence significative de diamètre des plants au terme de l'année correspondante entre les parcelles scarifiées et non scarifiées. Pour le traitement de type de plants, des lettres identiques indiquent qu'il n'y a pas de différence significative de diamètre au terme de l'année correspondante entre les types de plants.

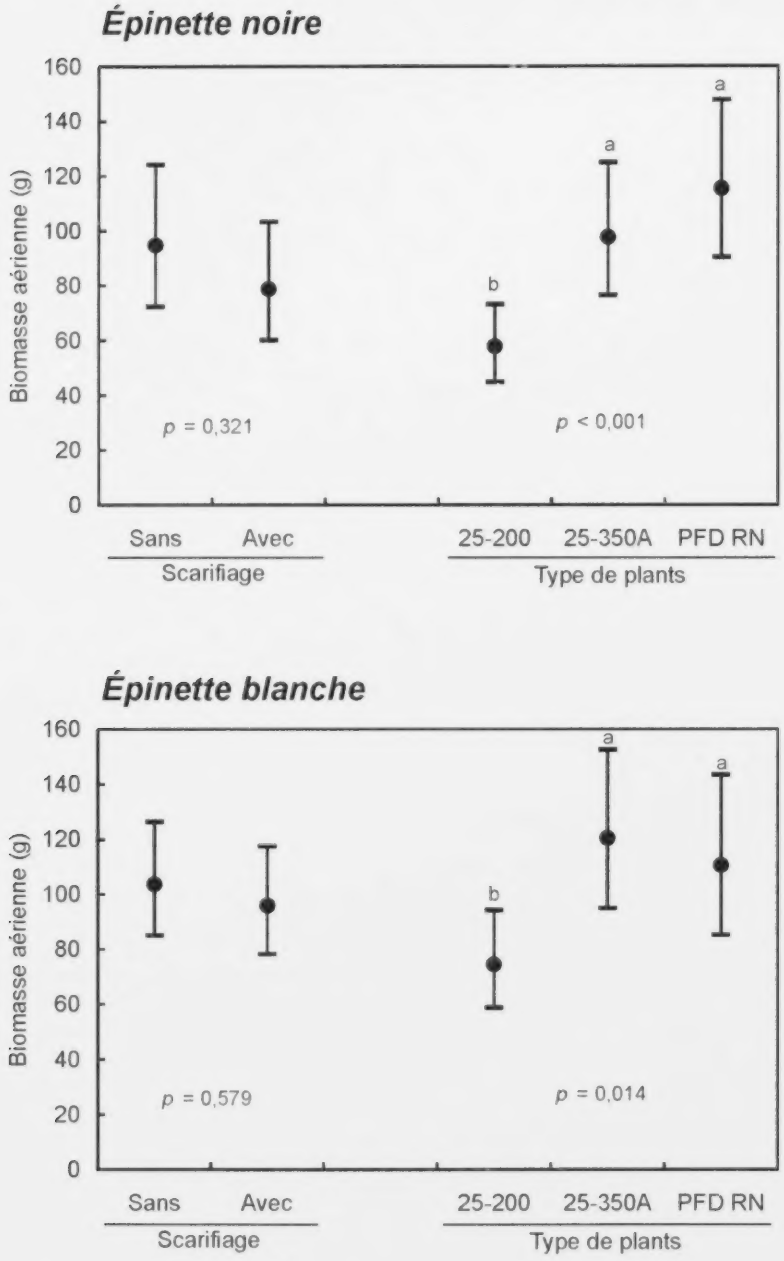

Figure 4. Biomasse aérienne des plants d'épinette noire et d'épinette blanche après trois saisons de croissance. Les analyses ont été effectuées sur le logarithme naturel de la biomasse; nous présentons les moyennes ramenées à l'échelle d'origine et les intervalles de confiance à 95 % avec correction pour le biais. Pour le traitement type de plants, les valeurs surmontées d'une lettre identique ne sont pas significativement différentes selon le test LSD protégé de Fisher.

Tableau 2. Concentrations foliaires des éléments nutritifs (g/kg) en octobre des trois premières saisons de croissance, dans les aiguilles de l'année courante

	Scarifiage		Type de plants		
	Sans	Avec	25–200	25–350A	PFD RN
Épinette noire					
1997					
N	17,5 (0,7) a	15,5 (0,7) b	19,3 (0,8) a	18,0 (0,8) a	12,2 (0,8) b
P	1,9 (0,1) a	1,7 (0,1) b	2,0 (0,1) a	1,9 (0,1) a	1,5 (0,1) b
K	5,9 (0,2) a	5,5 (0,2) a	6,1 (0,2) a	6,0 (0,2) a	5,0 (0,2) b
1998					
N	17,7 (0,4) a	16,8 (0,4) b	17,8 (0,5) a	17,4 (0,5) ab	16,6 (0,5) b
P	1,9 (0,0) a	1,9 (0,0) a	2,0 (0,0) a	1,9 (0,0) a	1,9 (0,0) a
K	6,5 (0,1) a	6,6 (0,1) a	6,9 (0,1) a	6,7 (0,1) a	6,2 (0,1) b
1999					
N	16,2 (0,3) a	16,1 (0,3) a	15,7 (0,3) b	16,6 (0,3) a	16,2 (0,3) ab
P	1,8 (0,0) a	1,8 (0,0) a	1,8 (0,0) a	1,9 (0,0) ab	1,9 (0,0) b
K	6,3 (0,2) a	6,5 (0,2) a	6,4 (0,2) a	6,3 (0,2) a	6,5 (0,2) a
Épinette blanche					
1997					
N	15,9 (0,6) a	13,7 (0,6) b	16,1 (0,8) a	16,5 (0,8) a	11,8 (0,8) b
P	1,7 (0,1) a	1,6 (0,1) a	1,8 (0,1) a	1,8 (0,1) a	1,3 (0,1) b
K	5,0 (0,2) a	5,0 (0,2) a	5,6 (0,3) a	5,1 (0,3) a	4,2 (0,3) b
1998					
N	17,5 (0,4) a	17,0 (0,4) a	17,5 (0,5) a	17,1 (0,5) a	17,1 (0,5) a
P	2,0 (0,0) a	1,9 (0,0) a	2,0 (0,0) a	1,9 (0,0) a	2,0 (0,0) a
K	5,9 (0,1) a	5,7 (0,1) a	5,9 (0,1) a	5,8 (0,1) a	5,7 (0,1) a
1999					
N	15,1 (0,3) a	15,1 (0,3) a	15,6 (0,3) a	14,6 (0,3) b	15,1 (0,3) ab
P	1,8 (0,0) a	1,8 (0,0) a	1,8 (0,0) a	1,8 (0,0) a	1,8 (0,0) a
K	6,2 (0,2) a	6,2 (0,2) a	6,2 (0,2) a	6,2 (0,2) a	6,2 (0,2) a

Note : Les valeurs de l'erreur-type sont affichées entre parenthèses. Pour une combinaison d'essence, d'année, de traitement (scarifiage ou type de plants) et d'élément nutritif donnée, des valeurs suivies d'une lettre identique ne sont pas significativement différentes selon le test LSD protégé de Fisher.

Le type de plants a un impact notable sur les dimensions atteintes par les plants après cinq saisons de croissance (Figures 2, 3 et 4). Ainsi, les plants 25–350A d'épinette noire, plus petits que les PFD RN au moment de leur mise en terre, en juin 1997, atteignent une hauteur 7 % plus élevée à l'automne 2001. L'avantage en hauteur des plants 25–350A sur les PFD RN atteint 10 % dans le cas de l'épinette blanche. Ces différences sont similaires à celles que nous avons observées après trois saisons de croissance aux stations Ruisseau Plourde et Lac Castor (THIFFAULT 2003, THIFFAULT *et al.* 2003a). De plus, en l'espace de trois ans, l'écart de la biomasse qui subsistait entre les plants 25–350A et les PFD RN au moment de la mise en terre s'estompe. La croissance supérieure des plants 25–350A, par rapport aux plants à racines nues, est la conséquence des concentrations foliaires plus élevées des éléments nutritifs au cours de la première saison (Tableau 2). Ces concentrations, qui sont le résultat des pratiques culturales, ont un effet direct sur la croissance. Elles stimulent la photosynthèse et induisent une boucle de rétroaction positive (BURDETT 1990).

On constate que les plants atteignent un état d'équilibre nutritif au terme des trois premières saisons, moment à partir duquel les concentrations des différents types de plants s'équivalent. Après trois saisons, les concentrations foliaires en azote se situent au-dessus des seuils critiques pour ces espèces (MORRISON 1974), une indication de la fertilité de la station.

Les plants de moyennes dimensions 25–200 étaient généralement les plus petits, au moment de la mise en terre du printemps 1997. Après trois saisons de croissance, ils conservent la biomasse la plus faible lorsqu'ils sont comparés aux plants 25–350A et aux PFD RN (Figure 4). Après cinq saisons, ils ont une hauteur et un diamètre plus faibles que les deux autres types de plants, exception faite de l'épinette blanche laquelle équivaut à celle des PFD RN (Figures 2 et 3). On constate également que les différences de dimensions entre les plants 25–200 et 25–350A, en valeur absolue, se sont légèrement accrues après cinq ans. Par exemple, pour l'épinette noire, cette différence passe de 8,9 cm au moment de la mise en terre, à 22,3 cm après cinq saisons de croissance.

Bien qu'elles soient statistiquement significatives, les différences entre les dimensions des types de plants, au terme de cinq ans, ont vraisemblablement peu d'effets sylvicoles. À l'instar de ceux des plants de fortes dimensions, les ratios hauteur/diamètre des plants de moyennes dimensions sont, après cinq saisons, égaux ou inférieurs au seuil de 55 jugé raisonnable en milieu compétitif (JOBIDON 2000, THIFFAULT *et al.* 2003b). De plus, la comparaison de nos résultats avec ceux de JOBIDON *et al.* (2003), obtenus après huit ans sur une station soumise à une compétition plus forte, nous indique que les plants 25-200 se comportent davantage comme des plants de fortes dimensions que comme des plants dits standards. Les différences de dimensions que nous observons à cinq ans entre les plants 25–350A et les plants 25–200 sont grandement inférieures aux différences à huit ans que rapportent JOBIDON *et al.* (2003) entre des PFD et des plants standards croissant dans des parcelles soumises à une végétation de compétition.

L'ensemble du dispositif expérimental a été dégagé de façon mécanique à la quatrième saison de croissance. Une seule saison de croissance s'est écoulée entre l'application de ce traitement et la mesure des dimensions qui ont servi aux analyses après cinq ans. Ainsi, les résultats à cinq ans n'intègrent pas la réaction des plants à ce traitement. Le suivi à plus long terme de ce dispositif permettra de comparer les profils de croissance des trois types de plants, et de conclure sur leur réaction de croissance à l'égard de la gestion de la compétition.

Le scarifiage n'influence pas de manière notoire la survie des plants (Figure 1), leur croissance en hauteur et en diamètre pendant les cinq premières années (Figures 2 et 3), ni leur biomasse totale après trois saisons de croissance (Figure 4). Par contre, la préparation du sol a un effet négatif sur la concentration foliaire en N pendant la première saison de croissance, un effet qui s'estompe avec les années (Tableau 2). Ces résultats concordent avec ceux que nous avons obtenus après trois ans sur deux autres stations expérimentales établies dans le même sous-domaine bioclimatique (4f, Collines des moyennes Appalaches) (THIFFAULT 2003, THIFFAULT *et al.* 2003a). L'obtention de résultats similaires par rapport au scarifiage d'une troisième station expérimentale renforce les conclusions découlant de ces études. Nos résultats confirment que l'absence d'un effet significatif du scarifiage sur la croissance des plants mis en terre sur les stations à humus minces se poursuit au-delà de la phase d'établissement proprement dite. De plus, l'absence d'interaction entre le scarifiage et le type de plants mis en terre permet d'appuyer les recommandations que nous avons formulées à la suite de nos premiers travaux (THIFFAULT *et al.* 2003a), à l'effet que sur ces stations, les traitements sylvicoles de préparation du site peuvent être planifiés de manière indépendante du choix du type de plants mis en terre. Aussi, dans cette région, l'utilisation du scarifiage doit être basée sur des objectifs autres que l'amélioration de l'établissement ou de la performance des plants, en outre l'accessibilité au site de reboisement.

Remerciements

Nous remercions MM. Francis Cadoret, Jacques Carignan et Réjean Poliquin pour la qualité de leur travail technique. La collaboration de MM. Normand Gendron (bureau de l'Unité de gestion du Ministère de Rivière-du-Loup), Louis Labrecque (bureau régional du Ministère à Rimouski) et Serge Leclerc (alors au Groupement forestier de l'Est du lac Témiscouata) fut grandement appréciée. La station expérimentale porte d'ailleurs le nom de M. Leclerc en reconnaissance de sa contribution. Nous sommes reconnaissants envers MM. Gil Lambany, Jean-Claude Ruel, Pierre Bernier et Vincent Roy pour leurs commentaires et suggestions. Nous adressons également nos sincères remerciements au personnel du laboratoire de chimie organique et inorganique de la Direction de la recherche forestière

pour l'ensemble des analyses chimiques effectuées. Nous soulignons l'apport de MM. Pierre Bélanger et Marc-Antoine Prévost-Gagnon (étudiant) pour la révision linguistique et l'édition de l'ouvrage, de même que celui de Mme Sylvie Bourassa pour la mise en page. Cette étude est réalisée dans le cadre du projet 365S de la Direction de la recherche forestière.

Références bibliographiques

BURDETT, A.N., 1990. *Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock*. Can. J. For. Res. 20: 415-427.

GROSSNICKLE, S.C., 2000. *Ecophysiology of Northern Spruce Species: The Performance of Planted Seedlings*. NRC Research Press, Ottawa, ON. 409 p.

GROUPE DE TRAVAIL SUR LE REBOISEMENT DES PLANTS À RACINES NUES, 2004. *Pertinence de l'utilisation de plants à racines nues pour le reboisement au Québec*. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de l'assistance technique et Direction de la production des semences et des plants. Code de diffusion n° 2004-3008. 39 p.

JOBIDON, R., 2000. *Density-dependent effects of northern hardwood competition on selected environmental resources and young white spruce* (Picea glauca) *plantation growth, mineral nutrition, and stand structural development: a 5-year study*. For. Ecol. Manage. 130: 77-97.

JOBIDON, R., L. CHARETTE et P.Y. BERNIER, 1998. *Initial size and competing vegetation effects on water stress and growth of* Picea mariana *(Mill.) BSP seedlings planted in three different environments*. For. Ecol. Manage. 103: 293-305.

JOBIDON, R., V. ROY et G. CYR, 2003. *Net effect of competing vegetation on selected environmental conditions and performance of four spruce seedling stock sizes after eight years in Québec (Canada)*. Ann. For. Sci. 60: 691-699.

MCDONALD, P.M., 1991. *Container seedlings outperform barefoot stock: Survival and growth after 10 years*. New For. 5: 147-156.

MENES, P.A., K. ODLUM et J.M. PATERSON, 1996. *Comparative performance of bare-root and container-grown seedlings: An annotated bibliography*. Ontario Forest Research Institute, Ontario Ministry of Natural Resources, Forest Research Information Paper No. 132. 151 p.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC, 1994. *Une stratégie : Aménager pour mieux protéger les forêts*. Gouvernement du Québec, Publication n° FQ94-3051. 197 p.

MOHAMMED, G.H., G.R. MCLEOD, P.A. MENES et V.R. TIMMER, 2001. *A Comparison of Bareroot and Container Stock*. Dans R.G. Wagner et S.J. Columbo, eds. Regenerating the Canadian Forest: Principles and Practices for Ontario. p. 343-348.

MORRISON, I.K., 1974. *Mineral nutrition of conifers with special reference to nutrient status interpretation: a review of literature*. Department of the Environment, Canadian Forestry Service, Publication No. 1343. 74 p.

PARENT, B., 2003. *Ressources et industries forestières : portrait statistique édition 2003*. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction du développement de l'industrie des produits forestiers, Code de diffusion n° 2003-3511.

PRÉVOST, M., 1992. *Effets du scarifiage sur les propriétés du sol, la croissance des semis et la compétition : revue des connaissances actuelles et perspectives de recherches au Québec*. Ann. Sci. For. 49 : 277-296.

PRÉVOST, M. et D. DUMAIS, 2003. *Croissance et statut nutritif de marcottes, de semis naturels et de plants d'épinette noire à la suite du scarifiage : résultats de 10 ans*. Can. J. For. Res. 33 : 2097-2107.

ROBITAILLE, A. et J.P. SAUCIER, 1998. *Paysages régionaux du Québec méridional*. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles. 213 p.

ROY, V., N. THIFFAULT et R. JOBIDON, 2003. *Maîtrise intégrée de la végétation au Québec (Canada) : une alternative efficace aux phytocides chimiques*. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière n° 123. 8 p.

SAUCIER, J.P., J.F. BERGERON, P. GRONDIN et A. ROBITAILLE, 1998. *Les régions écologiques du Québec méridional (3e version)*. L'Aubelle 124. 12 p.

SOIL CLASSIFICATION WORKING GROUP, 1998. *The Canadian System of Soil Classification. 3rd ed.* Agriculture and Agri-Food Canada, Publication No. 1646. 187 p.

SOUTH, D.B. et J.L. RAKESTRAW, 2004. *Large-diameter seedlings: A method of reducing chemical use in some pine plantations.* J. Sust. For. 18: 47-58.

STEEL, R.G.D., J.H. TORRIE et D.A. DICKEY, 1997. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach.* Boston, MA, 666 p.

THIFFAULT, N., 2003. *L'établissement de plantations de conifères en relation avec le scarifiage et la végétation de compétition.* Université Laval, Faculté de foresterie et de géomatique. Thèse de doctorat (*Ph. D.*). 155 p.

THIFFAULT, N., R. JOBIDON et A.D. MUNSON, 2003a. *Performance and physiology of large containerized and bare-root spruce seedlings in relation to scarification and competition in Québec (Canada).* Ann. For. Sci. 60: 645-655.

THIFFAULT, N., V. ROY, G. PRÉGENT, G. CYR, R. JOBIDON et J. MENÉTRIER, 2003b. *La sylviculture des plantations résineuses au Québec.* Nat. Can. 127(1) : 63-80.

THIFFAULT, N., G. CYR, G. PRÉGENT, R. JOBIDON et L. CHARETTE, 2004. *Régénération artificielle des pessières noires à éricacées : effets du scarifiage, de la fertilisation et du type de plants après 10 ans.* For. Chron. 80 : 141-149.

THIFFAULT, N., B.D. TITUS et A.D. MUNSON, 2005. *Silvicultural options to promote seedling establishment on* Kalmia–Vaccinium*-dominated sites.* Scand. J. For. Res. *Sous presse.*

WALINGA, I., J.J. VAN DER LEE, V.J.G. HOUBA, W. VAN VARK et I. NOVOZAMSKY, 1995. *Plant Analysis Manual.* Kluwer Academic, Dordrecht, Looseleaf, 272 p.

WALSTAD, J.D. et P.J. KUCH, 1987. *Forest Vegetation Management for Conifer Production.* John Wiley and Sons, New York, NY, 523 p.

Ressources
naturelles,
Faune et Parcs
Québec

2005-3013
ISBN 2-550-44059-5
Dépôt légal 2005
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
© 2005 Gouvernement du Québec